第 37 卷第 13 期
2017 年 7 月

生　态　学　报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.37,No.13
Jul.,2017

DOI: 10.5846/stxb201512232552

吴健生,袁甜,王彤.基于三维景观指数的城市景观美学特征定量表达——以深圳市为例.生态学报,2017,37(13):4519-4528.

Wu J S, Yuan T, Wang T.Preliminary theory of urban landscape esthetics based on three-dimensional landscape indicators.Acta Ecologica Sinica,2017,37(13):4519-4528.

基于三维景观指数的城市景观美学特征定量表达
——以深圳市为例

吴健生[1,2],袁　甜[1],王　彤[1,*]

1 北京大学深圳研究生院,城市人居环境科学与技术重点实验室,深圳　518055

2 北京大学,城市与环境学院地表过程与模拟教育部重点实验室,北京　100871

摘要:城市景观由自然元素与人工元素构成,以建筑为主体,辅以外部空间环境。对城市景观美学价值的研究有利于探讨如何提升城市形象及居民生活环境,为城市规划设计纳入了感性与理性结合的合理途径。景观美学特征以不同方式影响整体景观质量,合理运用景观指数对城市景观美学特征进行量化表达,是评估景观质量的重要前提。在整理借鉴景观美学相关研究的基础上,结合景观生态学理论基础,以城市空间内部审美者的角度将城市景观五大美学特征,包括自然性、开阔性、多样性、奇特性和协调性,转化为可定量表达的二维及三维景观指数。量化指标易使用数据进行快速评估,对于城市规划设计有着积极意义。

关键词:城市景观美学;三维景观指数;定量表达

Preliminary theory of urban landscape esthetics based on three-dimensional landscape indicators

WU Jiansheng[1,2], YUAN Tian[1], WANG Tong[1,*]

1 *Key Laboratory for Urban Habitat Environmental Science and Technology*, *Shenzhen Graduate School*, *Peking University*, *Shenzhen* 518055, *China*

2 *Key Laboratory for Earth Surface Processes*, *Ministry of Education*, *College of Urban and Environmental Sciences*, *Peking University*, *Beijing* 100871, *China*

Abstract: Urban landscapes are defined as the outdoor space of whole cities, which consist of natural and artificial elements. Building landscapes, including the vegetation around the construction, are the main subject of urban environment. Urban landscape esthetics have been studied to improve urban appearances and protect the living environment, and provide a quantitative approach for urban planning. Most of the existing research has focused on esthetics evaluations of the natural landscape, whereas urban landscapes were more difficult to quantitatively assess because of their complex compositions. It is important to explore how different esthetic features influence the visual quality of landscapes and to quantify the features by using landscape ecology indicators to evaluate the landscape quality. Considerable research has verified the relationships between quantitative landscape indices and esthetics. Based on the results of the esthetic assessment of landscapes, we summarized five urban landscape esthetics features (naturalness, openness, diversity, peculiarity and harmony) from the view in urban spaces, and combined the two and three-dimensional landscape indices concepts from landscape ecology to develop quantitative indicators of urban landscape esthetics features. We used landscape indices as references, and explained the definition and formula of each index clearly. Quantitative indices provide rapid ecological evaluations for effective urban planning and design.

基金项目:国家自然科学基金面上资助项目(41271101)

收稿日期:2015-12-23;　　**网络出版日期**:2017-02-23

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: wangtong@ sz.pku.edu.cn

Key Words: urban landscape esthetics; three-dimensional landscape indicators; quantitative expression

城市景观包括城市中所有的户外场所,是自然元素与人工元素的组合。其美学质量直接影响到城市形象和居民的生活环境,因而对于城市景观美学的研究有利于探讨如何提升景观资源的美观度及其在公众当中的感知度[1]。由于城市景观的组成元素较自然景观更为复杂,目前国内外对于城市景观美学的研究相对较少。

景观美学特征主要基于人类感受进行定性描述,难以进行科学评估,因此定量化研究始终是景观美学领域需要探索的话题。鉴于景观生态学理论在城市景观及景观美学评估中的应用逐渐增多,两个领域拥有可探索的共同理论基础,本文在整理相关景观美学研究的基础上,突破传统美学领域,以深圳市为例,探讨通过三维景观指数对城市景观美学特征进行定量表达的基本理念与方法。

1 城市景观美学的概念及意义

1.1 城市景观美学的概念

城市景观由自然元素与人工元素构成,其中房屋建筑构成其主体,辅以建筑外部空间环境,是一个复杂的有机体。建筑景观表现过于刚硬,自然景观相对柔和,二者和谐统一、相辅相成。城市景观具有功能性、审美性、自然性和文化性几大特点[2],在为人们提供不同活动空间的同时,也满足了人们精神层面的多样性需求。

随着科技进步和社会发展,景观美学这一研究内容涉及了多个学科领域,因此对于城市景观美学的理解,不同学科也赋予其不同的内涵。从美学角度来看,城市景观并非单纯的由视觉感受所构成的画面,而是经过人的主观感知并融入思想与情感后所获得的审美形象[2],是主体与客体相结合的结果。地理学方面可将其看作整个城市的总体特征,在强调美学含义的同时,更注重城市的自然、经济、人文等因素的综合[3]。生态学则着眼于城市内部各因素之间的相互平衡和作用,形成具有一定结构、格局和动态变化特征的统一体[4, 5],而对于城市景观的美学研究更加侧重于土地的生态美学表现,目前已有部分研究探索并证明了景观格局指数与景观美学特征反映之间的关联性。本文侧重从景观生态学的角度,结合传统景观美学审视标准,探讨衡量城市景观美学特征的定量指标。

1.2 城市景观美学评估的意义

城市景观的美学质量直接影响着人们的居住环境,它不仅取决于视觉审美感受,也受环境、文化等因素的影响。景观审美价值越高,往往越具有自然科学价值[6],受到破坏或视觉污染时引起的反应也越强烈[1]。因此科学的景观美学评估为保护和利用景观资源提供了合理依据。

1.3 城市景观美学表现特征

景观所给予人们的美学感受可以概括为九个方面的特征:连贯性、干扰性、自然性、历史性、复杂度、人工管理、视觉尺度、可辨识度以及动态变化[7]。各个美学特征对景观美学价值拥有不同的影响方式,其中自然性对景观美学的影响程度较为公认,通常景观自然性越高、自然景观所占比重越大,所带来的视觉美感度也越强烈[8];干扰性体现在自然植被所受干扰较少,能提供更多生态服务功能时,其美学价值也相应有所增加[9];作为城市景观历史性的体现,文化底蕴越高的景观其美学价值也越大[10];景观的多样性对美学价值的最大贡献则体现在色彩、景观种类构成等方面较为丰富且协调时,此外,较为开阔的视觉尺度也会带给人们良好的美学感受[11]。但景观特征内部存在着复杂的影响关系,基于不同景观对象与尺度,人们所注重的视觉美学特征会有所变化,例如经过人工干预而整齐精致的景观较受人们喜爱,但总体上人们又更倾向于自然性较高、人为干扰较少的景观,即干扰性与自然性的矛盾[12]。

目前美学研究也多是围绕这九方面特征进行拓展深化并对景观对象进行美学评价分析,例如,蒋丹群等[13]针对土地整治景观美学从七方面的评判标准来构建指标体系,包括自然性、多样性、开阔性、整洁性、宁静性、运动性和奇特性;周根苗[14]等对风景林美学评价进行指标体系的探讨,分别从自然性、奇特性、多样性、神秘性、环境协调性五方面来解释具体指标;潘影等[15]结合农业景观的特征,在上述相关美学特征的基础上

增加了生态系统功能这一评价准则;董冬等[16]则将风景区古树群落分解为树木形态、视线开阔度等多个景观要素进行美学评价,这些景观要素也可归纳为对上述美学特征的描述。

1.4　城市景观美学的定量评价方法

景观美学特征逐渐采用量化表达方式,定量指标的数据容易获得且计算较为方便,例如植被覆盖率可表现景观的自然性、斑块聚集度可衡量景观开阔性等等,从而可以方便有效地对景观整体美学价值进行评估。目前该领域主要的研究思路是将景观美学特征要素进行分解,并逐一寻找相关定量指标来描述对应的美学特征。对于难以用其他指标替代的美学特征,研究通常对其进行定性描述,按照人们的喜好程度划分等级并依次进行打分[17-20]。但是该类研究着重于整体景观美景度的评价,对于景观特征如何定量表达以及这些特征对景观美学感受的贡献程度研究较少。

近年来景观美学研究领域不断向景观的生态美学方向发展,并融入景观生态学理论分析二维层面上的景观格局指数能否反映人类对景观美学的感知程度[15, 21-22],证明景观格局指数与景观视觉美学的相关性。景观生态与景观美学之间有很多相互重叠的理论概念[23],城市景观也应当在正确理解景观指数含义的基础上,结合自身景观特征,构建可用于定量评估的指标体系。随着城市立体化的加快,景观要素的构成在三维层面上的特点日益显著,对于景观的研究需要加强对于垂直方向变化的关注,即三维景观的整体特征[24]。

2　城市景观美学特征指数构建

2.1　城市景观美学特征的定量表达

城市为人们提供了生存及活动的空间,因此对于城市景观美学需要从城市内部参与者的角度来审视。城市中以建筑景观为主体,辅以植被、道路、广场等其他景观要素,而其中建筑及自然景观对人的审美评判影响尤为重要。根据前文所提及的景观美学特征,结合城市景观自身特点,从自然性、开阔性、多样性、奇特性、协调性共五方面特征来选取可量化表达的二维及三维景观指数(表 1)。

表 1　城市景观美学特征的指数表达

Table 1　Indicators of urban landscape esthetic evaluation

城市景观美学特征 Esthetic features of urban landscape	可量化景观指数 Landscape indicators	指数含义 Meaning of indicators
自然性 Naturalness	植被覆盖率	反映植被在水平方向上的密度
开阔性 Openness	建筑密度 建筑空间拥挤度	反映水平方向上建筑物的密集度 反映景观在三维空间的分布密度
多样性 Diversity	景观组分复杂度 建筑平均分维数	表征景观的色彩、类型的数量大小 表征景观形状的复杂度
奇特性 Peculiarity	建筑体积优势度	反映建筑群中个别建筑体量的突出性
协调性 Harmony	自然与人工景观体积比例	反映人工景观与植被在体量上的比例协调性

2.2　景观指数内涵及标准

2.2.1　自然性

自然性主要指城市中自然植物的分布情况及生长状态。人类天生对自然存在着亲近感,因而城市景观中的自然景观对美学质量的影响尤为显著,城市景观的自然性主要由植被覆盖率和植被空间拥挤度来表达。

(1)植被覆盖率

指乔木、灌木、地被草坪等自然植物所覆盖的面积占研究区域总面积的百分比,反映了城市景观中水平方向上的植物密度,植被覆盖率越高则景观的自然性越强。其计算公式为:

$$C_v = \frac{S_v}{A} \times 100\% \tag{1}$$

式中,C_v为植被覆盖率,S_v为植被覆盖总面积,A 为研究区总面积。

2.2.2 开阔性

城市景观的开阔性主要指人身处景观空间之中的视野开阔程度,过于拥挤杂乱的建筑空间会降低空间活动功能,阴暗狭小的建筑空隙影响着局部的热环境,同时给人带来负面的精神与视觉美学感受。因此用建筑密度与建筑空间拥挤度来衡量城市景观的开阔性。

(1)建筑密度

指建筑底面所覆盖的面积占研究区域总面积的百分比,反映了建筑景观在水平方向上的密集程度,建筑密度越大则开阔性越低。其公式如下:

$$C_b = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_{bi}}{A} \times 100\% \tag{2}$$

式中,C_b为建筑密度,S_{bi}为第 i 个建筑的底面积,n 为研究区内建筑物总数,A 为研究区总面积。

(2)建筑空间拥挤度

建筑密度是人们行走于空间之中所更为关注的水平方向的视野开阔度,而当人们以一种全面的视角审视建筑群体空间时,建筑空间拥挤度则能更好的描述三维空间中的视野开阔度,它较好的反映了景观在三维空间的分布密度,指标值越大则拥挤度越高、开阔性越低。计算公式如下:

$$SC_b = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_{bi}}{\max\{H_b\} \times A} \times 100\% \tag{3}$$

式中,SC_b为建筑空间拥挤度,V_{bi}为第 i 个建筑的体积,n 为研究区内建筑物总数,$\max\{H_b\}$为建筑物最大高度值,A 为研究区总面积。

2.2.3 多样性

景观美学要求景观整体在变化中保持一致,在整齐中蕴含不同。多样的景观要素能够给人们带来新鲜感与视觉冲击,满足不同背景审美者的需求。景观要素的多样性包括构成成分、色彩丰富度等,因此本文提出利用景观的色彩和组分构成,即景观组分复杂度用来表征多样性特征。

(1)景观组分复杂度

景观组分复杂度可反映出景观色彩及构成元素上的多样化,计算公式如下:

$$F = CR \times TY \tag{4}$$

式中,F 为景观组分复杂度,CR 为景观的主要色彩种类数,L 为主要景观类型数。

(2)建筑平均分维数

景观分维数可表示景观形状的复杂度,城市中的建筑拥有越来越多样化的形状体,给城市景观增添了不少特色。建筑平均分维数的计算公式如下,值越大表示建筑形状越复杂:

$$FD_b = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{2\ln\left(\frac{P_{bi}}{4}\right)}{\ln S_{bi}} \tag{5}$$

式中,FD_b为建筑平均分维数,P_{bi}为建筑 i 的底面积周长,S_{bi}为建筑 i 的底面积,n 为研究区内建筑体总数。

2.2.4 奇特性

奇特性这一因素影响景观对人们的吸引力。城市景观由大量建筑群体组成,易形成同质的空间风格,因而采用建筑体积优势度来衡量城市建筑景观的奇特性。

(1)建筑体积优势度

景观优势度表示景观多样性对最大多样性的偏离程度。建筑体块优势度则描述建筑群由少数几个体量较大的建筑体控制的程度,值越大,表示其中某一建筑体或少数几个建筑占优势。通常体积优势度较大的建

筑具有一定的社会文化功能,成为区域的标志性建筑。参考景观优势度的定义及计算方法,该指数的计算公式为:

$$D_b = H_{max} + \sum_{i=1}^{n} (P_{bi}) \log_2 (P_{bi}) \tag{6}$$

式中,D_b为建筑体积优势度,H_{max}为最大多样性指数,即研究区内各建筑体积所占比例相等时的多样性指数,P_{bi}为建筑 i 的体积占研究区建筑总体积的比例,n 为研究区内建筑体总数。

2.2.5　协调性

城市景观内部的协调性是指各元素之间的协调性,包括建筑物与自然植被之间的合理搭配等。可用自然与人工景观体积比例来表征。

(1)自然与人工景观体积比例

城市景观由自然元素与人工元素共同构成,房屋建筑构成人工元素的主体,植被则为自然元素的主要内容,二者一刚一柔、相辅相成。虽然人们本性上有亲近于自然的特质,但建筑景观中蕴含了更多的人文精神并满足多种活动功能需求,景观空间内部建筑与植被比例的协调搭配显得尤为重要。自然与人工景观的所占空间比例的相宜性能够带给人们最佳的美学感受。其计算公式为:

$$CO = \frac{V_V}{V_b} \times 100\% \tag{7}$$

式中,CO 为自然与人工景观的相宜指数,V_v为自然景观的总体积,V_b为人工景观的总体积。

3　基于景观指数的城市景观美学特征评价

本研究的景观美学特征评价主要包括三个过程:(1)以幻灯片为媒介,采用打分法测定公众对于景观美学特征的评价;(2)计算各个景观样本所对应的景观指数;(3)分析景观美学特征评价值与指数之间的关系。

3.1　城市景观美学特征评价

3.1.1　照片拍摄与样本选取

在深圳市内随机选取 25 个点,在每个点的位置上分别对周围四个不同角度的景观拍照,共得到照片 100 张。拍摄时保证光线充足,一律横向构图,照片内尽量只保留建筑与植物景观。对所有照片进行筛选,选取拍摄质量较好、景观具有代表性的照片共 20 张用作评价样本。图 1 显示 20 张评价样本的样片,图 2 显示 20 个采样点的空间分布,主要分散在特区内的各个街道,在功能上包括居住区、商业区等,在社会经济条件上考虑了市中心商业区或中高档住宅区与城中村等区域的对比。

3.1.2　评判方式与结果处理

在景观美景度评价中,目前常采用心理物理学的美景度评估法(SBE 法)进行评定,即使用照片代替真实景观场所,依靠公众而非少数专家来对所有景观样本按照美景度高低打分。本文以幻灯片为媒介进行公众评判调查。评价采用 5 分制标度衡量各个美学特征,即“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”,对应的分值依次为 1、2、3、4、5 分。评判开始前向评判者说明调查目的及评分规则,并对其展示所有的景观样本以供对评价标准拥有初步的感性认知。而后依据大众审美,分别对自然性、开阔性、多样性、奇特性、协调性这五个特征对所有样本进行打分。此次调查一共收回 24 份有效问卷,其中男性 10 人,女性 14 人。大量研究已表明不同群体之间对于景观的审美态度存在着普遍的一致性[26],因此本文未考虑调查人群背景的差异。

景观美学评价结果同时受到景观自身特征和评判者个人审美标准的影响,因而不同个人的审美标准会直接影响评分尺度。为消除这种审美尺度的差异影响,将评分结果进行标准化处理,得到不同景观特征的所有样本的评价值,具体公式如下:

$$Z_{ij} = (R_{ij} - \overline{R_j}) / S_j \tag{8}$$

$$Z_i = \sum_{j}^{n} Z_{ij} / n \tag{9}$$



图 1 景观美学特征样本照片选取

Fig.1 20 samples of landscape esthetic assessment

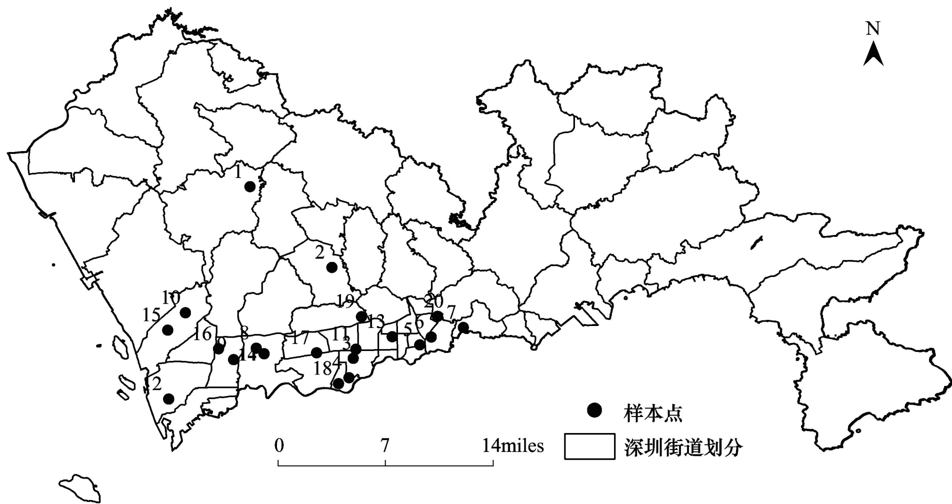


图 2 景观美学特征样本空间分布

Fig.2 Location of 20 samples of landscape esthetic assessment

式中, Z_{ij} 是第 j 个评判者对第 i 个样本的标准化得分值, R_{ij} 是第 j 个评判者对第 i 个样本的打分值, $\overline{R_j}$ 是第 j 个评判者对所有景观样本打分的平均值, S_i 是第 j 个评判者对所有样本打分的标准差,是第 i 个样本的标准化得分值, n 是评判者总人数。

将标准化之后的打分分值作为每一样本各项景观美学特征的评价结果,图 3 显示了各样本景观美学特征评价得分的变化情况,可见样本之间各项特征的分值变化很大。同时在样本内部,不同景观美学特征的得分也存在差异。部分样本的五项特征的总体得分相对而言体现出较低或较高的特征。如总体得分较低的样本 5、10、20 均为建筑物高度密集、植被稀少的城中村地区,在视觉上有较为单一、老旧、拥挤的特征,各项美学特征的评分均较低。观察各项评分都较高的样本 9、11、16,包括科技园区的房屋,以及 CBD 的摩天大楼,周边有足够的植被覆盖,说明公众对这类区域的美景程度评价较高。

3.2 景观指数计算

景观指数计算的总体思路为:在房屋普查数据中将样本点视野可见的景观划定为选区范围(图 4),在各

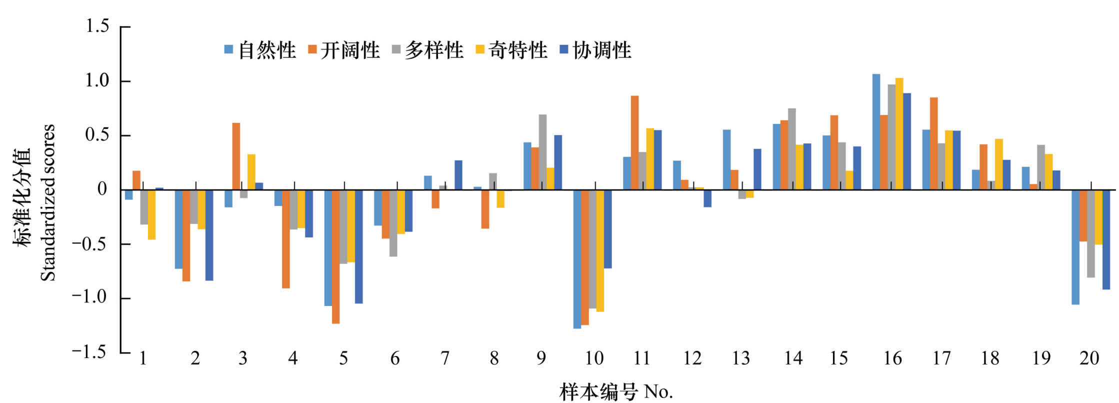


图 3　景观美学特征评价标准化分值

Fig.3　Standardized scores of landscape esthetic features

选区内计算上述用于表征景观美学特征的景观指数。景观指数计算中相关建筑数据皆来源于深圳市 2012 年房屋普查数据,通过 ArcGIS 软件进行分析。其余需测量的植被覆盖面积、景观占地面积等指标均从天地图及百度地图上利用面积测量工具获得。

3.3　数据分析与结果

根据各项基础数据计算得到各选区的景观指数后,在各项指数与其所代表的景观美学特征指标之间建立散点图(图 5)。根据散点图趋势线可大致判断景观指数与美学特征指标的关联趋势,而是否存在显著的相关关系还需要通过计算相关系数来进行验证。将五个景观美学特征的标准化评分结果与对应样本的景观指数输入到 SPSS 软件中进行皮尔森相关性检验,得到结果如表 2 所示。

表 2　景观指数与景观美学特征的相关性检验

Table 2　Pearson correlation coefficient between landscape indicators and esthetic features

景观美学特征 Esthetic features	自然性 Naturalness	开阔性 Openness	多样性 Diversity	奇特性 Peculiarity	协调性 Harmony
植被覆盖率 Vegetation coverage	0.592**	—	—	—	0.494*
建筑密度 Building coverage	−0.659**	−0.679**	−0.641**	−0.613*	−0.563*
建筑空间拥挤度 Building congestion index	—	—	−0.450*	—	—
建筑平均分维数 Building fractal dimension	0.537*	0.462*	0.518*	0.488*	0.476*
景观组分复杂度 Landscape complexity index	—	—	0.477*	—	—
建筑体积优势度 Building volume dominance	—	0.452*	—	0.483*	—
自然与人工景观体积比例 Proportion of vegetation and building	—	—	—	—	0.484*

*:在 0.05 水平(双侧)上显著相关, **:在 0.01 水平上(双侧)显著相关,—表示无显著相关

由检验结果可知,自然性特征通常由自然植物景观所占的比例决定,其中该特征与植被覆盖率呈正相关,同时与建筑密度呈显著负相关关系。景观开阔性与建筑密度的相关性最高,验证了前文所提出的建筑密度影响开阔性这一特征。同时景观开阔性也与建筑平均分维数以及建筑体积优势度有关,这两项指标能够表征区域内建筑高度、底面积、体积等形态差异程度,从而影响公众在视觉上感受到的天空视域范围。而开阔性与建筑空间拥挤度的相关程度并不显著,这与前文的假设也存在一定的出入,说明建筑空间拥挤度这一数值指标对开阔性的代表程度还需要得到进一步的验证。与多样性特征显著相关的指标较多,说明公众对于这一特征的判断受到多种因素的影响。多样性与建筑平均分维数以及景观组分复杂度呈现出较显著的正相关,表明建

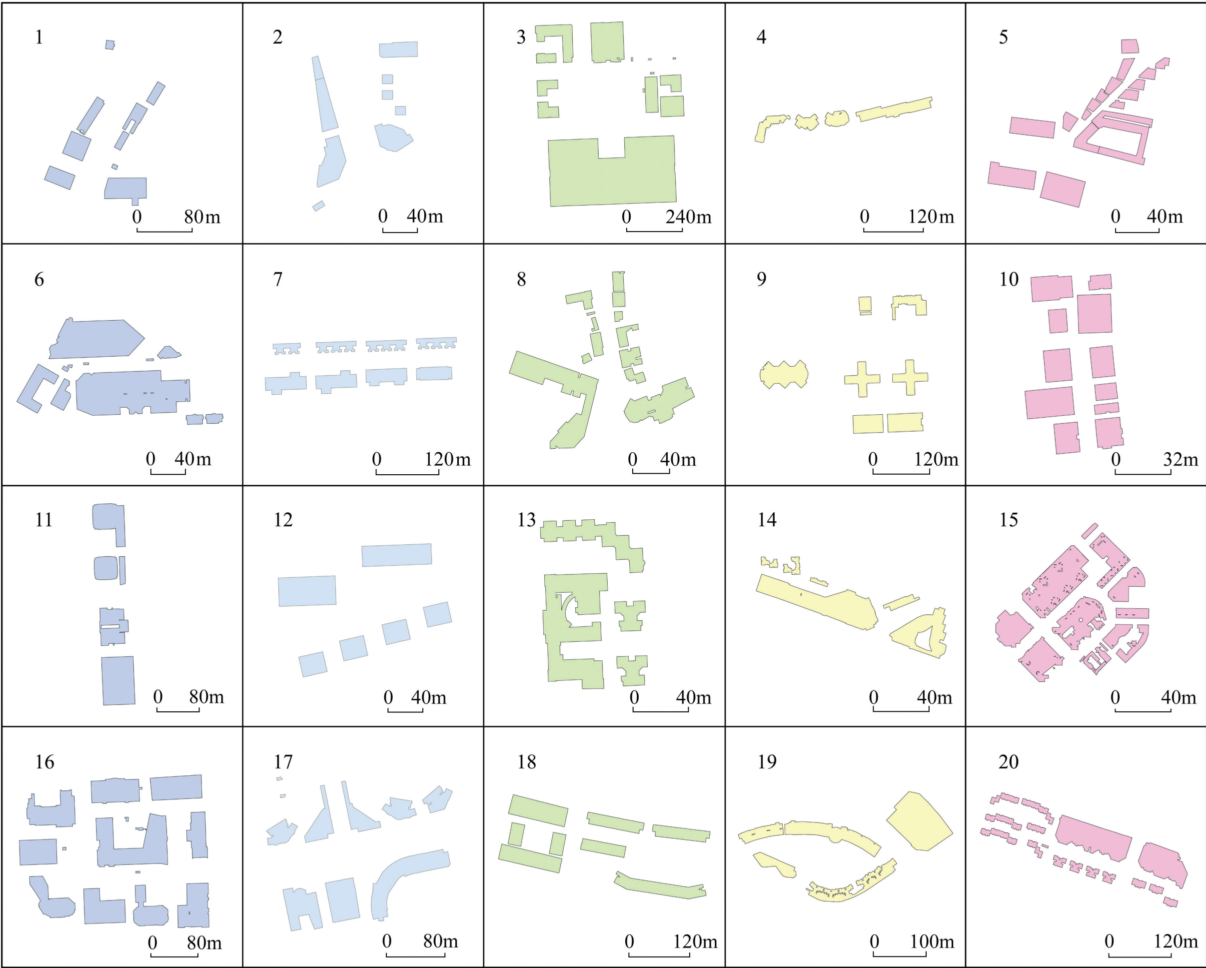


图 4 景观指数计算样本选区

Fig.4 Areas of landscape indicator calculation of 20 samples

筑形态、色彩与景观类型的多元化也影响着人们对多样性特征的衡量。而公众对多样性的感知也与建筑密度、建筑空间拥挤度呈现一定的负相关关系,说明建筑在空间上的分布越密集越不利于体现建筑本身的形态差异。奇特性与建筑体积优势度、建筑平均分维数以及建筑密度有关,验证了前文所提及的建筑景观的突出体量会带来区别于其他景观的特性。而影响景观协调性的指标也很多,由于协调性更注重景观整体的美学感受,密度更大的建筑区往往被赋予较低的协调性。同时植物景观对审美的冲击力更大,因此自然与人工景观体积比例以及植被覆盖率有助于提升景观协调性。

4 结语

景观美学特征的相关研究多是侧重于自然和农业景观,对于构成较为复杂的城市景观的定量研究较少。国内外学者不断地探索景观指数与景观美学之间的关联性,合理运用定量景观指标对城市景观美学进行评价仍是一个需要不断拓展并挖掘的潜在领域。在整理借鉴景观美学评价相关研究的基础上,本文以城市空间内部审美者的角度,从景观生态学理论出发,结合景观生态学领域的景观指数的科学概念,将城市景观五大美学特征(自然性、开阔性、多样性、奇特性和协调性)转化为二维及三维景观指数进行定量表达。量化指标易使用数据进行快速评估,对于城市规划设计有着积极意义。科学的景观美学评估为保护、利用以及提升景观资源提供依据,也为城市的规划设计纳入了感性与理性结合的合理途径。

从美学角度分析,任何景观要素都要保持在一个适宜的尺度,才能带来最大的美学价值。例如,人们对于

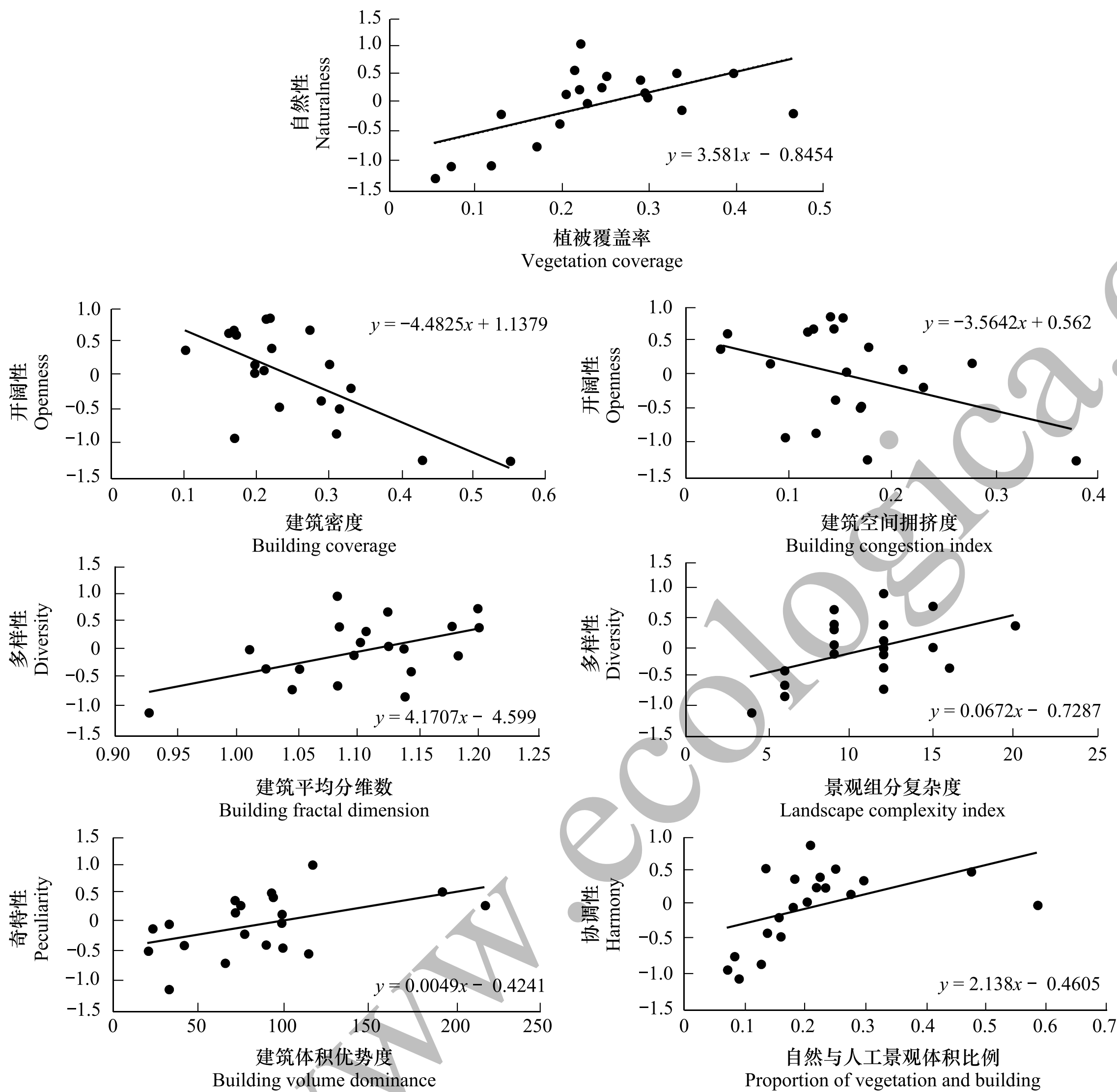


图 5　景观指数与对应美学特征指标散点图

Fig.5　Scatter plots of landscape indicators and corresponding esthetic features

狭小的建筑空间较为抵触,但自然景观有时营造一种幽深郁闭空间也会带来良好的美学感受;景观的多样性如果达到过高的程度且不能够合理地组织协调,将会影响景观整体的整洁度。因此,任何景观美学特征与整体景观质量之间都不是绝对的线性关系,每个景观特征具体如何影响美学感受,将需要进行更深入的研究与探索。

参考文献(References):

[1] 肖笃宁, 解伏菊, 魏建兵. 景观价值与景观保护评价. 地理科学, 2006, 26(4): 506-512.

[2] 蒋宇. 中国城市化进程中城市景观美学问题研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012: 193.

[3] 王雅. 基于文化生态学的城市景观空间研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012: 70.

[4] Steiner F. Landscape ecological urbanism: Origins and trajectories. Landscape and Urban Planning, 2011, 100(4): 333-337.

[5] 彭建, 王仰麟, 景娟, 宋治清, 韩荡. 城市景观功能的区域协调规划——以深圳市为例. 生态学报, 2005, 25(7): 1714-1719.

[6] 谢凝高, 郑心舟, 谷光灿. 云南石林景观美学价值评价研究. 地理研究, 2001, 20(5): 517-526.

[7] Tveit M, Ode Å, Fry G. Key concepts in a framework for analysing visual landscape character. Landscape Research, 2006, 31(3): 229-255.

[8] Svobodova K, Sklenicka P, Vojar J. How does the representation rate of features in a landscape affect visual preferences? A case study from a post-

mining landscape. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 2015, 29(4): 266-276.

[9] Klein L R, Hendrix W G, Lohr V I, Kaytes J B, Sayler R D, Swanson M E, Elliot W J, Reganold J P. Linking ecology and aesthetics in sustainable agricultural landscapes: Lessons from the Palouse region of Washington, USA. Landscape and Urban Planning, 2015, 134: 195-209.

[10] 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 齐涛, 李元. 丽江城市不同区域景观美学. 生态学报, 2014, 34(7): 1794-1799.

[11] Polat A T, Akay A. Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14(3): 573-582.

[12] Khew J Y T, Yokohari M, Tanaka T. Public perceptions of nature and landscape preference in Singapore. Human Ecology, 2014, 42(6): 979-988.

[13] 蒋丹群, 徐艳. 土地整治景观美学评价指标体系研究. 中国农业大学学报, 2015, 20(4): 224-230.

[14] 周根苗, 薛亮, 冯超, 但新球. 风景林景观美学评价指标体系的探讨. 林业资源管理, 2008, (5): 69-74.

[15] 潘影, 肖禾, 宇振荣. 北京市农业景观生态与美学质量空间评价. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2455-2460.

[16] 董冬, 周志翔, 何云核, 李罡. 安徽省九华山风景区古树群落景观美学评价. 生态学杂志, 2011, 30(8): 1786-1792.

[17] Kurdoglu O, Kurdoglu B C. Determining recreational, scenic, and historical-cultural potentials of landscape features along a segment of the ancient Silk Road using factor analyzing. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 170(1/4): 99-116.

[18] Ode Å., Fry G, Tveit M S, Messager P, Miller D. Indicators of perceived naturalness as drivers of landscape preference. Journal of Environmental Management, 2009, 90(1): 375-383.

[19] 王保忠, 王保明, 何平. 景观资源美学评价的理论与方法. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1733-1739.

[20] Daniel T C. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in the 21st century. Landscape and Urban Planning, 2001, 54(1/4): 267-281.

[21] 周年兴, 黄震方, 蒋铭萍, 梁艳艳. 庐山森林景观美学质量与景观格局指数的关系. 地理研究, 2012, 31(7): 1224-1232.

[22] Palmer J F. Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. Landscape and Urban Planning, 2004, 69(2/3): 201-218.

[23] Fry G, Tveit M S, Ode Å, Velarde M D. The ecology of visual landscapes: Exploring the conceptual common ground of visual and ecological landscape indicators. Ecological Indicators, 2009, 9(5): 933-947.

[24] 张小飞, 王仰麟, 李正国, 李卫锋, 叶敏婷. 三维城市景观生态研究. 生态学报, 2007, 27(7): 2972-2982.

[25] 张培峰, 胡远满. 不同空间尺度三维建筑景观变化. 生态学杂志, 2013, 32(5): 1319-1325.

[26] 俞孔坚. 自然风景质量评价研究——BIB-LCJ 审美评判测量法. 北京林业大学学报, 1988, 10(2): 1-11.